

③

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平3-16179

⑤ Int. Cl.<sup>3</sup>

H 01 L 29/48  
21/338  
21/74  
29/91

識別記号

F

庁内整理番号

7638-5F

7638-5F

7733-5F

④ 公開 平成3年(1991)1月24日

H 01 L 29/80  
29/91

R

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全3頁)

⑬ 発明の名称 半導体集積回路

⑰ 特 願 平1-149330

⑱ 出 願 平1(1989)6月14日

⑲ 発 明 者 金 澤 邦 彦 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電子工業株式会社内

⑳ 出 願 人 松下電子工業株式会社 大阪府門真市大字門真1006番地

㉑ 代 理 人 弁理士 星 野 恒 司

明 細 書

1. 発明の名称 半導体集積回路

2. 特許請求の範囲

ミキサ・ダイオードを含む諸素子の少くとも1つをヘテロ接合を有する半導体基板上に形成したことを特徴とする半導体集積回路。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、マイクロ波通信機器に不可欠な周波数混合回路(ミキサ)に用いられるミキサ・ダイオードを含む半導体集積回路に関するものである。

(従来の技術)

近年、通信情報網が多様化し、衛星通信などニューメディアに注目が集まっている。これらのマイクロ波用の通信機器の小形化には、マイクロ波集積回路(以下MMICと称す)素子が必要である。

従来、UHF帯以上のマイクロ波回路に用いられる能動素子には、化合物半導体として、ガリウム・ヒ素(以下GaAsと称す)が用いられる。

GaAs素子のうち、電界効果トランジスタ(以下FETと称す)やダイオードの単品の他に、近年、MMICが用いられるようになってきた。

まず、従来のマイクロ波回路に単品として使用されているミキサ・ダイオードについて、第2図により説明する。同図はその断面図で、従来のミキサ・ダイオードは、 $n^+$ GaAs基板1の表面に、GaAs活性層2をエピタキシャル成長法によって形成し、さらに、その表面および裏面にそれぞれショットキー電極3およびオーミック電極4を形成する。なお、ショットキー電極3にはAl、Ti/AlあるいはTi/Mo/Au等がオーミック電極4には、AuGe/AuやAuGeNi/Au等がそれぞれ用いられる。

このミキサ・ダイオードの特徴は、ミキサ動作に不可欠な低い直列抵抗 $r_s$ を、低抵抗の $n^+$ GaAs基板1を用いることで実現している。

しかし、この構成は、単一構成部品には適しているが、 $n^+$ GaAs基板1を用いているため、集積回路化は不可能であった。

次に、従来のMMICに用いられるミキサ・ダ

イオードについて、第3図により説明する。同図において、半絶縁性GaAs基板5の表面にイオン注入によって $n^+$ GaAs層6に挟まれたGaAs活性層7を形成した後、上記のGaAs活性層7の上にショットキー電極8を $n^+$ GaAs層6の上にオーミック電極9をそれぞれ形成する。なお、電極8および9に使用される金属は、上述のミキサ・ダイオードと同様である。

このように、半絶縁性GaAs基板5を用いることによって、素子間分離が容易となり、同一基板上に、ミキサ・ダイオード、FET抵抗および容量等を含むMMICの形成が可能となる。

(発明が解決しようとする課題)

しかしながら、上記の構成では、ミキサ・ダイオードの物性を左右する陽極と陰極間の直列抵抗 $r_s$ が極めて大きく、従って、ミキサ動作をさせたときに、変換損失および雑音指数が共に大きいという問題があった。また、上記の直列抵抗 $r_s$ を下げるため、 $n^+$ GaAs層6が用いられているが、ショットキー電極8の耐圧を確保するために、

GaAs活性層7の抵抗率をそれほど下げることができず、従って、MMICの特性が極めて悪いという問題があった。

本発明は上記の問題を解決するもので、変換損失および雑音指数の小さいミキサ・ダイオードを有するMMICを提供するものである。

(課題を解決するための手段)

上記の課題を解決するため、本発明は、ヘテロ接合を有する半導体基板の上にミキサ・ダイオードを形成するものである。

(作用)

上記の構成により、ヘテロ接合面に発生する2次元電子ガスにより、低抵抗層を実現するので、ミキサ・ダイオードの陽極と陰極間の直列抵抗 $r_s$ が $1/2$ 以下になり、これに伴い変換損失および雑音指数も $1/2$ 以下に下がる。

(実施例)

本発明の実施例2例をそれぞれ第1図(a)および(b)により説明する。

第1図(a)は、本発明の第1の実施例を示す要

部拡大断面図で、MMICの中のミキサ・ダイオードは、半絶縁性GaAs基板10の表面に $Al_xGa_{1-x}As$ 活性層11を形成した上に、ショットキー電極12を中にしてこれを2個のオーミック電極13で挟んで形成するものである。なお、上記の半絶縁性GaAs基板10と $Al_xGa_{1-x}As$ 活性層11の接合面は、いわゆるヘテロ接合面で、バンド幅の相異から2次元電子ガスが発生するため、低抵抗層が形成される。従って、ショットキー電極12とオーミック電極13の間、すなわち、陽極と陰極の間を流れる電流は、このヘテロ接合面14を流れるため、抵抗が極めて小さい。

上記の $Al_xGa_{1-x}As$ 活性層11の混晶比 $x$ は、0.2ないし0.3が適当で、通常、分子線エピタキシャル成長(MBE)法あるいはメタルオーガニック化学的気相成長(MOCVD)法によって形成する。なお、電極12および13の材質は、従来例と変わらない。

第1図(b)は、本発明による第2の実施例を示す要部拡大断面図で、本実施例が第1の実施例と

異なる点は、 $Al_xGa_{1-x}As$ 活性層11の上に重ねて形成したGaAs活性層15に、ショットキー電極12は直接、オーミック電極13は、イオン注入を施した $n^+$ GaAs層16の表面にそれぞれ形成した点である。その他は変わらないので、同じ構成部位に対しては同一符号を付して、その説明を省略する。

このような構成により、 $n^+$ GaAs層16によって、オーミック電極13の接触抵抗を小さくし、ショットキー電極12の耐圧性を向上することができる。なお、第2の実施例では、GaAs活性層15と $Al_xGa_{1-x}As$ 活性層11の間にヘテロ接合面14は存在するが、フェルミ準位の位置の関係で、2次元電子ガスは存在しない。

なお、本実施例では、ミキサ・ダイオードを例に説明してきたが、このヘテロ接合半導体基板を用いることにより、ミキサ・ダイオードの他に、高電子移動度トランジスタ(HEMT)や、ヘテロバイポーラトランジスタ(HBT)等がこの同一基板上に形成できるので、極めて集積度の高い、低雑音のMMICが形成できる。

また、半絶縁性GaAs基板10と $Al_xGa_{1-x}As$ 活性層11の組合せで説明してきたが、Si基板とSiC層の組合せ等、他のヘテロ接合を用いた半導体基板でも同一の効果が得られることはいうまでもない。また、MMICで説明してきたが、一般の集積回路すべてにあてはまることはいうまでもない。また、ミキサ・ダイオードのみならず、変調、復調用ダイオードにも成り立つことももちろんである。

#### (発明の効果)

以上説明したように、本発明によれば、MMIC中のミキサ・ダイオードは、ヘテロ接合に発生する2次元電子ガスにより、その直列抵抗が従来の1/2以下に下がり、これに伴い、ミキサ・ダイオードの変換損失や雑音指数が1/2以下に下がり、極めて集積度の高い低雑音のマイクロ波用の半導体集積回路(MMIC)が得られる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図(a)および(b)は、共に本発明によるMMIC中のミキサ・ダイオードを示す要部拡大断面図

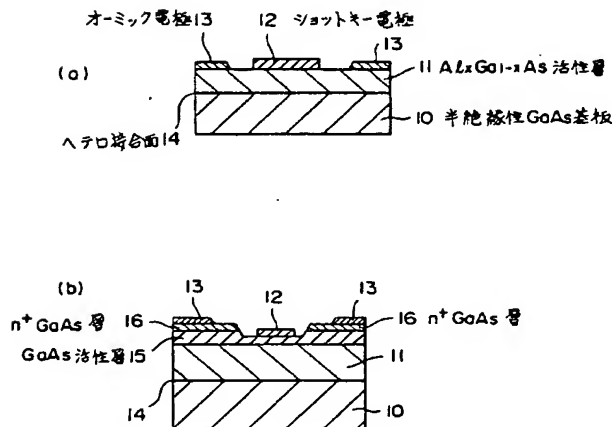
図、第2図は従来の単体のミキサ・ダイオードの要部拡大断面図、第3図は従来の集積回路に用いられるミキサ・ダイオードの要部拡大断面図である。

1… $n^+$ GaAs基板、2, 7, 15…GaAs活性層、3, 8, 12…ショットキー電極、4, 9, 13…オーミック電極、5, 10…半絶縁性GaAs基板、6, 16… $n^+$ GaAs層、11… $Al_xGa_{1-x}As$ 活性層、14…ヘテロ接合面。

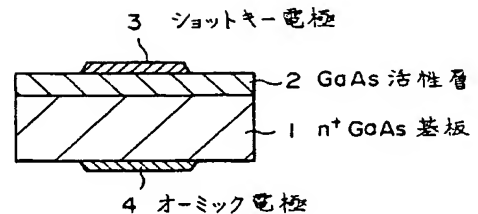
特許出願人 松下電子工業株式会社

代理人 星野恒司

第1図



第2図



第3図

